
Wiserock – Natural Hazard Observation

Johannes GERBER und Lukas EIHOLZER

Wiserock AG, Meiringen, Schweiz · info@wiserock.ch · www.wiserock.ch

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Schon seit jeher ist der Alpenraum ein faszinierendes und zugleich fragiles Gebilde. Bei zunehmend extremen Wettersituationen weicht die Faszination jedoch schnell der Bedrohung. Steinschläge, Felsstürze und Murgänge kommen dann stets zur Unzeit. Wer hier Verantwortung für die Sicherheit von Menschen, Infrastruktur und die Wirtschaft einer Region trägt, möchte von Naturereignissen nicht überrascht werden. Weder am Tag, noch in der Nacht. Gerade in entlegenen Gebieten gestaltet sich die Überwachung sehr aufwendig: Automatische, permanente Messungen scheitern oft an den Kosten, manuelle Deformationsmessungen an der Erreichbarkeit.

Solche Gefahrenlagen wurden bisher mit zwei grundsätzlich unterschiedlichen Methoden überwacht: entweder durch vor Ort montierte Sensoren, oder durch die berührungslose Überwachung aus der Ferne. Berührungslose Verfahren wie Laserscanning und Mischverfahren wie die Tachymetrie sind von der Sichtverbindung und damit vom Wetter abhängig. In der Regel finden daher keine permanenten Messungen statt. Hinzu kommen hohe Investitionskosten der Geräte. Vor-Ort Messungen sind in der Regel genauer und ermöglichen (je nach Sensoren) eine permanente Messung. Andererseits erfordern sie aber einen hohen Installationsaufwand bei der Verkabelung für die Auslesung der Messwerte und die Stromversorgung.

Die Firma Flotron AG in Meiringen im Berner Oberland, Schweiz bewegt sich in diesem Spannungsfeld von automatischen und manuellen Überwachungen von geologischen Ereignissen. Aufgrund der technologischen Fortschritte und immer wieder unbefriedigenden Lösungen zur Überwachung von schwer zugänglichen Felspartien wurde die Entwicklung eines neuen Messsystems angegangen. Die Flotron AG dient als Vertriebspartner der neuen Firma Wiserock AG.

Das System Wiserock soll die Vorteile der verschiedenen Messverfahren kombinieren und damit ein kostengünstiges, hochzuverlässiges, drahtloses Messsystem bieten.



2 Systemarchitektur

2.1 Autarkie durch Ultra-Low-Power-Komponenten

Die Entwicklung der Elektronik erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique CSEM. Dies ist eine Schweizer Innovations-Firma, welche andere Unternehmen bei der Entwicklung neuer Technologien im Bereich der Elektronik und Mikrotechnik unterstützt und diese Entwicklungen zur Industriereife vorantreibt. Dank der

Erfahrung der Spezialisten des CSEM konnten geeignete elektronische Komponenten gefunden werden, welche den Betrieb einer solchen Messanlage unter widrigen Umgebungsbedingungen erst möglich machen.

Wiserock besticht durch einen einfachen Aufbau ohne großen Installationsaufwand. Eine Messanlage besteht aus einem Netzwerk von Sensorknoten und einer Basis-Station. Die geotechnischen Sensoren werden an einen Sensorknoten angeschlossen, welcher die Stromversorgung und Kommunikation sicherstellt. Dank der konsequenten Optimierung des Stromverbrauchs liefern die meisten Sensoren mit der eingebauten Batterie über 10 Jahre lang zuverlässige Messresultate. Besonders energieintensive Sensortechniken wie GNSS erfordern eine kleine externe Solarzelle, können aber dennoch mehrere Monate ohne direkte Sonneneinstrahlung betrieben werden, was insbesondere im Winter wichtig ist. Der Stromverbrauch der Basis-Station ist höher als derjenige der Sensorknoten. Eine Solarzelle genügt aber auch hier zur zuverlässigen Versorgung.



Abb. 1: Prototypen der Sensorknoten mit diversen externen Sensoren

2.2 Drahtlose Kommunikation

Bei geotechnischen Sensornetzen ist heute oft eine Verkabelung der Sensoren erforderlich – sei es zur Stromversorgung oder zur Übertragung der Messdaten. Gerade hier zeigt sich erfahrungsgemäß ein Schwachpunkt vieler Überwachungsmessungen. Die Kabelstränge können durch Vegetation, Wasser, Eis oder Steinschlag beschädigt werden und sind dem Tierverbiss ausgesetzt. Hinzu kommt eine aufwendige Installation aller Kabelleitungen. Bei akuten Gefährdungen sollte der Aufenthalt im Gefahrenbereich vermieden werden – eine kabellose Installation dient also auch der Arbeitssicherheit des Personals.

Die Wiserock-Sensorknoten kommunizieren auf einem eigenen Funknetzwerk mit Reichweiten von mehreren hundert Metern. Dabei wird ein Ad-hoc-Netzwerk aufgebaut, das sich bei Ausfall eines Knotens sofort reorganisiert um Informationsverluste zu minimieren. Die Rohmesswerte werden zwischen den Sensorknoten und ggf. über Relaisknoten weitergeleitet, bis sie zur Basis-Station gelangen. Diese leitet die Messdaten über das Mobilfunknetz auf einen zentralen Server weiter. Damit ist am Standort der Sensoren kein Mobilfunkempfang nötig.



Abb. 2: Komponenten von Wiserock und Kommunikationswege

2.3 Robuste Bauweise und geringe Abmessungen

Bei der Entwicklung der Sensorknoten wurde vor allem auf die hohe Robustheit geachtet – dies ist dem vorgesehenen Einsatzraum im Hochgebirge geschuldet. Die Gehäuse-Abmessung von gerade mal $12 \times 12 \times 9$ cm bietet Steinschlag etc. nur wenig Angriffsfläche. Natürlich sind die Gehäuse wasser- und staubdicht.

Die Robustheit bezieht sich auch auf die „inneren Werte“ der Sensorknoten: Bei der Entwicklung der Elektronik galt es einen optimalen Kompromiss zwischen Übertragungsrobustheit, Latenzzeit (Zeit von einem Ereignis bis zu seiner Registrierung), Betriebsdauer und Baugröße zu finden. Besondere Aufmerksamkeit erforderte die Wärme- und Kälteresistenz der Elektronik, welche im Hochgebirge hohen Temperaturschwankungen zwischen direkter Sonneneinstrahlung und sehr kalten Nächten ausgesetzt ist. Das Ergebnis ist ein System mit sehr hoher Ausfallsicherheit und minimalem Wartungsaufwand.



Abb. 3: Einsatzgebiete von Wiserock

2.4 Geringe Life-Cycle-Kosten

Die Gesamtkosten einer Überwachungsmessung können bei Einsatz von Wiserock schätzungsweise auf weniger als die Hälfte der Kosten einer klassischen geotechnischen Überwachungsmessung reduziert werden. Folgende Faktoren spielen hier eine große Rolle:

- keine Verkabelung – reduzierter Zeit- und Materialbedarf bei der Installation;
- Funktionskontrolle direkt bei der Installation – keine langwierigen Tests;
- wenig Wartungsaufwand aufgrund fehlender Verkabelung und langer Betriebsdauer;
- automatische Integration von zusätzlichen Messstellen oder Sensoren ins Sensornetz;
- direkte Übermittlung der Daten – kein Auslesen vor Ort;
- geringe Stückkosten dank standardisierter Bauweise.

Durch die Halbierung der Gesamtkosten können bei gleichem Budget mehr Gefahrenlagen überwacht werden.

3 Sensorik

3.1 Geotechnische Sensoren

Wiserock ist darauf ausgelegt, möglichst viele Sensortypen auslesen zu können. Zu seinen Grundfunktionen gehören die Strom-, Spannungs- und Widerstandsmessung. Das heißt, dass analoge Messsignale von sehr vielen externen Sensoren ausgelesen werden können. Die externen Sensoren werden über einen Standardstecker an die Knoten angeschlossen und sind damit unkompliziert und schnell einsatzbereit.

Speziell getestet wurden folgende Sensoren:

- Extensometer zur Überwachung von Felsspalten;
- Crackmeter mit Dehnungsmessstreifen zur Überwachung von Rissen in Bauwerken;
- Reißleinen zur Detektion von Murgängen, Lawinen und Sturzereignissen;
- Neigungssensoren zur Bewegungsüberwachung von einzelnen Felsblöcken;
- Temperatursensoren zur Messung von Boden- und Lufttemperaturen;
- Luftfeuchtesensoren.

In jedem Knoten wurde zudem ein Beschleunigungssensor verbaut, mit welchem Erschütterungen festgestellt werden können. Zu den fest eingebauten Sensoren gehören auch solche zur Überwachung der Funktionsfähigkeit und zur Detektion von Manipulationen am Gehäuse des Sensorknotens.

Pro Knoten können bis zu drei externe Sensoren angeschlossen werden. Allerdings steigt so der Energiebedarf und damit sinkt die Dauer der Energie-Autarkie des Systems.

3.2 GNSS für präzise Lageüberwachung

Speziell ausgerüstete Sensorknoten ermöglichen eine Überwachung von langfristigen Positionsveränderungen mittels präzisen GNSS-Sensoren. Da Antennen und Empfänger eine deutlich höhere Stromaufnahme aufweisen als passive geotechnische Sensoren, ist für diese Sensorknoten eine zusätzliche Solarzelle von der Größe eines DIN-A5-Papiers zur Stromversorgung erforderlich. Eingebaute Akkus stellen eine autarke Stromversorgung über mehrere Monate sicher. Damit darf die Solarzelle im Winter vorübergehend schneebedeckt oder ohne direkte Sonneneinstrahlung sein.

Die GNSS-Knoten sind in Ihrer Anwendung durch die üblichen Umgebungsbedingungen eingeschränkt: Es muss eine Sichtverbindung zu mindestens vier Satelliten gegeben sein. Damit können Messungen nur in offenem Gelände durchgeführt werden. Gerade bei der Überwachung von Blockgletschern oder unzugänglichen Rutschgebieten ist diese Bedingung meist erfüllt.

Es wird in der Regel mit einer eigenen Referenzstation am Rand des Beobachtungsgebietes gearbeitet. Damit können Probleme durch große Basislinienlängen oder – in den Alpen besonders wichtig – große Höhenunterschiede zur Basis-Station vermieden werden. Mit den verwendeten kostengünstigen Einfrequenz-Empfängern wird dank spezieller Auswertalgorithmen eine Positionsbestimmung mit einer relativen Genauigkeit von unter 5 mm erreicht. In der Regel werden eine bis zwei Positionsbestimmungen täglich durchgeführt.

4 Messresultate

4.1 Zeitnahe Alarmierung

Gerade bei Felsstürzen und Murgängen ist eine rasche Alarmierung vonnöten. Im Alarmmodus überprüfen die Sensorknoten permanent die Einhaltung der Schwellwerte. Bei einer Überschreitung kann direkt am Sensorknoten ein Alarmmittel, wie z. B. eine Ampel oder ein Horn, ausgelöst werden. Damit ist eine Vorort-Alarmierung auch bei einem Ausfall des Mobilfunknetzes möglich.

GNSS-Messungen sind zurzeit nicht für die Alarmierung ausgelegt, da diese Postprocessing erfordern. Entsprechende Algorithmen werden unter Umständen künftig erlauben, auch mittels satellitengestützten Messungen Alarme absetzen zu können.



Abb. 4:
Wiserock kann bei Felsstürzen zuverlässig alarmieren – inkl. Ampelschaltung etc.

Jeder Sensorknoten kann nicht nur Sensoren auslesen, sondern ebenfalls eine Relaischaltung betätigen. Damit kann das Netzwerk direkt Ampelanlagen, Sirenen etc. ansteuern. Zusätzlich können Meldungen (z. B. SMS) versendet werden.

Detaillierte Untersuchungen haben gezeigt, dass selbst in einem komplexen Sensornetzwerk eine Latenzzeit von rund 2 bis 3 Sekunden zwischen Grenzwertüberschreitung und Aktivierung des Alarmmittels eingehalten werden kann.

4.2 Webinterface und Darstellung der Messwerte

Alle Messdaten laufen bei der Basis-Station zusammen und werden über das Mobilfunknetz auf den Wiserock-Datenserver übertragen.

Alle Messergebnisse werden auf einer passwortgeschützten Webplattform dargestellt. Damit können Kunden und Betreiber der Messanlagen jederzeit auf die Messwerte zugreifen und diese zeitnah und situationsgerecht beurteilen. Die Wiserock-Webplattform ist zudem offen für die Echt- und Langzeitdaten Dritter.

Die Konfiguration der Messanlagen wird über ein Webinterface durchgeführt. So können Alarmschwellen, Messintervalle etc. angepasst werden. Die Inbetriebnahme der Anlage erfolgt vor Ort über eine Smartphone-App oder den Webbrowser. Damit kann bereits bei der Installation sichergestellt werden, dass alle Komponenten richtig zusammenspielen.

Fazit

Mit Wiserock erkennen wir Steinschläge, Berg- und Felsstürze sowie Rutschungen und Murgänge: intelligent, drahtlos, kostengünstig, hochzuverlässig – 24 Stunden am Tag. Sogar in den entlegensten Gebieten.

Die Kombination von geotechnischen Sensoren für relative Veränderungen mit GNSS-Sensoren für absolute Verschiebungen ermöglicht die Überwachung von beinahe allen geologischen Ereignissen mit einem einzigen System. Dank den tiefen Kosten können mit Wiserock auch Gebiete überwacht werden, welche bisher aufgrund des Budgets nicht in ein Überwachungskonzept einbezogen wurden. Das Webinterface führt zu einer Verfügbarkeit aller relevanten Informationen für die Entscheidungsträger – rund um die Uhr und überall.